

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНЫХ ПЛЕНОК РАЗЛИЧНОЙ МАРКИ

А.И. КУПЧИШИН^{1,2}, Б.Г. ТАИПОВА¹, М.Н. НИЯЗОВ¹, В.М. ЛИСИЦЫН³

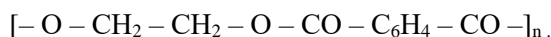
¹ Казахский национальный педагогический университет им. Абая

² Казахский национальный университет им. аль-Фараби

³ Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет, Томск, Россия

E-mail: marat--90@mail.ru

Значительная часть полиэтилентерефталата (ПЭТФ), производимого в мире, идет на производство нитей и волокон. Наиболее широкое его применение наблюдается в машиностроении, химической промышленности, пищевом оборудовании, транспортных и конвейерных технологиях, медицинской промышленности, приборостроении и бытовой технике [1 – 4]. Полиэтилентерефталат – это распространённый термопластик, представитель класса полиэфиров, известный под разными фирменными названиями. По физическим свойствам это твёрдое вещество белого цвета без запаха. ПЭТФ – прочный, жёсткий и лёгкий материал. Он представляет собой полиэфир терефталевой кислоты и этиленгликоля, которые можно получить из различных производных терефталевой кислоты и этиленгликоля. Основное структурное звено макромолекулы высокотермостойкого ПЭТФ имеет вид:



В настоящее время ведутся работы по дальнейшему увеличению упруго-прочностных свойств полиэтилентерефталата (лавсана) за счет реализации технологических процессов изготовления изделий и создания более совершенной, минимально разноразветвленной химической структуры. Его свойства модифицируются введением в процессе синтеза в качестве сомономеров производных алифатических и ароматических дикарбоновых кислот, оксикислот, полиалкиленгликолей, разветвленных диолов, замещенных аминов и т.п. Для обеспечения лучших механических, физических, электрических свойств ПЭТФ наполняется различными добавками ([стекловолокно](#), [дисульфид молибдена](#), [фторопласт](#)). К модификации вещества приводит и радиационное воздействие. Перестройка надмолекулярной структуры ведет к разнообразию свойств полимерного материала, приводящих к улучшению или ухудшению его конкретных технических характеристик. Известно, что механические свойства полимера зависят от его природы. Так для полимеров, содержащих бензольное кольцо в боковой цепи, степень различных изменений более существенна (модуль упругости, скорость ползучести, снижение длительной прочности и т.д.).

Данная работа посвящена изучению свойств полиэтилентерефталатных пленок различных производств при воздействии электронного облучения. В работе исследовались полиэтилентерефталатные пленки различных производителей: Майлар (США) и ПЭТФ (Россия). Механические испытания проводились на разрывной машине типа РМУ-0,05-1 со скоростью раздвижения зажимов $36,09 \pm 0,05$ мм/мин. Пленочные образцы испытывались на одноосное растяжение при нормальных условиях вплоть до разрыва (при $T = 20 \pm 2$ °С, относительной влажности воздуха (45 ± 5) %). Исследуемые образцы представляли собой полоски шириной 5 и 10, рабочей длиной 50 и 100 мм соответственно, толщиной 100 мкм.

Облучение образцов производилось на воздухе в специальных держателях на ускорителе электронов типа ЭЛУ-6 при 20 °С с энергией 4 МэВ, плотностью тока пучка 0,5 мкА/см², длительностью импульсов 5 мкс при частоте их повторения 200 Гц. Поглощенные дозы (D) составляли 0 – 10¹⁰ Гр. Графики зависимости относительного удлинения и напряжения от дозы электронного облучения для полиэтилентерефталатных пленок различных марок показали, что характер кривых аналогичный и состоит из 2 этапов: 1. При $D = 0 - 10^4$ Гр как для деформации, так и для напряжения изменения незначительные и

функции ε и σ медленно убывают. Относительное удлинение этих типов при $D = 0 - 10^4$ Гр (Майлар) и $0 - 10^7$ Гр (ПЭТФ) растет, что связано с процессами сшивания. На втором этапе в интервале $10^4 - 10^6$ Гр (Майлар) и $10^7 - 10^9$ Гр (ПЭТФ) наблюдается резкое падение ε и σ до 0.

Были рассмотрены 2 модели: экспоненциальная и обобщенная [2]. Физические модели использованы для постоянной статической нагрузки для интервала изменений σ от σ_0 до σ , ε от ε_0 до ε и D от 0 до D . Как следует из результатов теоретические кривые удовлетворительно описывают эксперимент. При этом экспоненциальная и обобщенная модели дают близкие результаты.

Анализ полученных результатов показывает, что относительное удлинение пленки типа Майлар $\sim 70\%$, для ПЭТФ ε составляет $\sim 48\%$. По прочностным свойствам более устойчива к электронному воздействию и разрушению (10^9 Гр) ПЭТФ, тогда как Майларовские – при 10^5 Гр. Влияние облучения на прочность и неупругие характеристики полимеров является значительным и воздействует на аморфную фазу материала. Напряжение, создаваемое внешними нагрузками, распространяется от точки приложения силы вдоль образца с определенной скоростью. Ослабленный ближайший к месту приложения нагрузки фрагмент пленки будет являться точкой разрыва. Механическую прочность полимера резко снижают фрагменты установочных элементов, слабосвязанных между собой, которые остаются при очень больших дозах. Для ПЭТФ пленок такое поведение механических свойств связано с особенностями синтеза пленок. Модифицирование свойств в процессе получения лавсановых пленок осуществляется диметиладипинатом, диметилгексагидротерефталатом, в следствии чего они отличаются большей прочностью, меньшей ползучестью, большей устойчивостью к многократным деформациям.

Из проведенных исследований следует:

1. Для исследованных 2 типов полиэтиленотерефталатных пленок (Майлар, ПЭТФ) имеет место одинаковый характер изменения механических свойств с ростом дозы электронного облучения. Увеличение дозы до 10^4 Гр приводит к медленному изменению деформации и напряжения для Майлара, а дальнейший рост до 10^6 Гр ведет к резкому их убыванию, что связано с ростом деструкционных процессов. Для лавсановых пленок при облучении до доз $\sim 10^7$ Гр наблюдается постепенное уменьшение ε и σ , а дальнейший рост до 10^9 Гр приводит к резкому их убыванию, связанных с особенностями технологии синтеза.

2. По предложенным ранее моделям произведены расчеты. Экспоненциальная физическая модель зависимости деформации и напряжения от дозы электронного облучения, удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными. Хорошее согласие получено и для обобщенной модели.

Список литературы

1. Rouhi S., Alizadeh Y., Ansari R. On the interfacial characteristics of polyethylene/single-walled carbon nanotubes using molecular dynamics simulations // Applied Surface Science. – 2014. – Vol. 292. – P. 958–970.
2. Kupchishin A.I., Taipova B.G., Kupchishin A.A., Voronova N.A., Kirdyashkin V.I., Fursa T.V. Catastrophic models of materials destruction // IOP Conf. Series: Material Science and Engineering 012037. – 2016. – Vol. 110. – P. 1–5.
3. Kupchishin A.I., Niyazov M.N., Voronova N.A., Kirdyashkin V.I., Abdukhairova A.T. The effect of temperature, static load and electron beam irradiation on the deformation of linear polymers // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 012016. – 2017. – V.168. – P. 1–4.
4. Kupchishin A.I., Taipova B.G., Lisitsyn V.M. and Niyazov M.N. Study of the influence of the electron irradiation dose on the deformation of Mylar films taking into account the processes of destruction and crosslinking // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 012025. – 2019. – Vol. 510. – P. 1–5.